



Núcleo de Meio Ambiente
 Universidade Federal do Pará
 Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá
 Belém, Pará, Brasil
<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas>

Rafael Kill-Silveira

Universidade do Estado de Mato Grosso
 killsilveira.r@gmail.com

David Ferreira Campos

Universidade do Estado de Mato Grosso
 zootecdaavid@gmail.com

Dionei José Silva

Universidade do Estado de Mato Grosso
 dioneijs@gmail.com

ARBORIZAÇÃO E ENXAMES POPULOSOS GARANTEM A TERMORREGULAÇÃO DO INTERIOR DO NINHO DE *Apis mellifera*

RESUMO: Objetivou-se com este experimento identificar o local ideal da colmeia para se aferir a temperatura interna, e avaliar se a temperatura interna é afetada pelo tamanho da população de abelhas, e verificar se na região sudoeste do Estado de Mato Grosso o manejo de manter as colmeias sob ambiente arborizado no verão ou em pleno sol no inverno contribui para a homeostase térmica. O estudo foi conduzido no setor de apicultura da Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT. Foram utilizadas 12 colmeias de *Apis mellifera*. Foram mensuradas as temperaturas no alvado e do ambiente e através de três furos, um na frente e outro a trás (ambos no centro), e o terceiro na parte de trás do lado direito inferior. Foram contados o número de quadros com crias (ovos, larvas e pupas). Os dados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis, e posteriormente foi empregado o pós-teste de Nemenyi, utilizando o pacote PMCMR do software R versão 3.6.1. Identificou-se que ao avaliar a termorregulação em abelhas deve-se mensurar a temperatura no interior do ninho, onde estão as crias. Enxames pouco populosos não mantêm a homeostase térmica, ficando sujeitos a morte ou abandono do local habitado. Para a região sudoeste do Estado de Mato Grosso a manutenção das colmeias à sombra de árvores no período quente do ano contribui para manter a temperatura dentro dos limites ótimos para *Apis mellifera*, no entanto, no inverno os enxames devem estar populosos para não sofrerem grandes variações de temperatura interna.

PALAVRAS-CHAVE: Abelha, Apicultura, Homeostase térmica.

Recebido em: 2019-10-23
 Avaliado em: 2020-07-13
 Aceito em: 2020-09-04

THE FOREST AND SWARMS MOST POPULOUS KEEP THERMOREGULATION OF *Apis mellifera* NEST

ABSTRACT: Our aim with this experiment was to identify the ideal location of the hive to measure the internal temperature, and to evaluate if the internal temperature is affected by the bee population, and to verify if in the southwest region of Mato Grosso State the management of maintaining hives under wooded environment in summer or in full sun in winter contribute to thermal homeostasis. The study was conducted in the apicultural sector of the State University of Mato Grosso - Brazil. Twelve *Apis mellifera* hives were used. The temperature was measured at the entrance of the hives and the environment and through three holes, one at the front and one at the back (both in the middle), and the third at the back of the lower right. The number of combs with brood (eggs, larvae and pupae) was counted. The data were submitted to the Kruskal-Wallis test, and then the post-hoc Nemenyi was used with the PMCMR package in R version 3.6.1 version. It was identified that when evaluating thermoregulation in beehives one should measure the temperature inside the nest, where the brood are. Low population swarms do not maintain thermal homeostasis and are subject to death or abandonment of the beehives. For the southwest region of the Mato Grosso State the maintenance of hives in the shade of the trees in the warm season contributes to keeping the temperature within the optimal limits for *Apis mellifera*, however, in the winter the swarms must be populous to avoid large variations of internal temperature.

KEYWORDS: Apiculture, Honeybees, Thermal Homeostasis.

EL BOSQUE Y LOS ENJAMBRES DE GRAN POBLACIÓN GARANTIZAN LA TERMORREGULACIÓN DEL INTERIOR DEL NIDO DE *Apis mellifera*

RESUMEN: El objetivo con este estudio fue identificar la ubicación ideal de la colmena para medir su temperatura interna, y evaluar si la temperatura interna se afecta por el tamaño de la población de abejas, y verificar si en la región suroeste del estado de Mato Grosso el manejo de la colmena en ambientes boscosos en verano o en pleno sol en invierno contribuyen a la homeostasis térmica. El estudio se realizó en el sector de apicultura de la Universidad Estatal de Mato Grosso -Brasil. Se utilizaron doce colmenas de *Apis mellifera*. La temperatura se midió en la piquera y en el medio ambiente y a través de tres agujeros, uno en la parte delantera y otro en la parte posterior (ambos en el centro), y el tercero en la parte posterior del lado inferior derecho. Se contó el número de cuadros con crías (huevos, larvas y pupas). Los datos fueron sometidos a la prueba estadística de Kruskal-Wallis y luego se utilizó la prueba posterior de Nemenyi utilizando el paquete PMCMR de software R versión 3.6.1. Se

identificó que al evaluar la termorregulación en las abejas, se debe medir la temperatura dentro del nido, donde están las crías. Los enjambres de baja población no mantienen la homeostasis térmica y están sujetos a la muerte o al abandono del lugar habitado. Para la región suroeste del estado de Mato Grosso, el mantenimiento de las colmenas a la sombra de los árboles en el período cálido del año contribuye a mantener la temperatura dentro de los límites óptimos para *Apis mellifera*, sin embargo, en el invierno los enjambres deben tener gran población para evitar grandes variaciones de temperatura interna.

PALABRAS CLAVES: Abeja, Apicultura, Homeostasis térmica.

INTRODUÇÃO

O ninho de uma colmeia é onde se encontram os ovos, larvas e pupas, e para que uma colônia tenha plenas condições de se desenvolver e ser produtiva, as operárias mantêm este local com rigorosa higiene (com limpeza constante e aplicação de própolis para a eliminação de agentes patogênicos), fornecimento constante de alimento para as larvas e ainda deve apresentar homeostase da concentração de gases (p. ex. O₂ e CO₂), umidade e temperatura (CAMARGO, 1972).

A espécie *Apis mellifera* possui características fisiológicas e comportamentais que garantem a manutenção da temperatura interna da colmeia que deve permanecer entre

32 °C a 36 °C (SEELEY, 1985; KLEINHENZ et al., 2003; TAUTZ et al., 2003; JONES et al., 2005). Segundo Lopes et al. (2011), os limites de tolerância térmica são menores para valores acima do ótimo. Em um cenário de intensificação do aquecimento do planeta os problemas associados às altas temperaturas podem ser mais severos. No caso do Brasil além de ser um país de clima tropical há outro fator agravante que é o uso de agrotóxicos que aumentou 278% entre 2002 e 2016 (SILVEIRA; GALBIATI, 2019). Vários destes produtos estão associados à alterações na capacidade de termorregulação pelas abelhas (TOSI et al., 2016; CRALL et al., 2018; POTTS et al., 2018; TONG et al., 2019)

Há sugestões de se manejar as colônias para a sombra em locais de clima quente (LOPES et al., 2011; DOMINGOS; GONÇALVES, 2014; SANTOS et al., 2017; DOMINGOS et al., 2018). Pois abelhas africanizadas em colmeias expostas diretamente sob o sol abandonam o ninho quando a temperatura interna atinge 41°C (ALMEIDA, 2008; ALMEIDA; GONÇALVES, 2008; GONÇALVES et al., 2008). Entretanto, não há uma padronização para a técnica de verificação da temperatura interna da colmeia.

Altas temperaturas afetam a produtividade pois além da demanda de tempo e energia são necessárias muitas operárias para realizar o resfriamento (SOUZA et al., 2006; LOPES et al., 2011). Sugerindo que colmeias com poucas abelhas ("fracas"), não conseguiriam realizar as funções de resfriamento simultaneamente com as tarefas relativas ao pleno desenvolvimento da colônia.

Diante deste contexto objetivou-se com este experimento identificar o local ideal no interior da colmeia para se aferir a temperatura, e avaliar se a temperatura interna é afetada pelo tamanho da população de abelhas, e ainda verificar se na região sudoeste do Estado de Mato Grosso o manejo de manter as colmeias sob ambiente arborizado no verão ou em pleno sol no inverno garante a homeostase térmica.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no setor de apicultura da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, no Campus Universitário de Pontes e Lacerda-MT, localizada nas coordenadas 15° 19' 05" Sul e 59° 13' 26" Oeste, com uma altitude de 295 metros acima do nível do mar.

Foram utilizadas 12 colmeias Langstroth (caixas). No primeiro período de avaliação (Outubro), elas estavam localizadas na sombra de árvores do local do apiário e no segundo período (Junho) foram

exposta ao sol. Para se reduzir o risco de abandono da colmeia pelas abelhas estas foram transferidas a uma distância máxima de 10 m (somente o suficiente para ficarem expostas ao sol no inverno). Uma semana antes e depois de cada período de avaliação as colmeias foram abertas e foi contado o número de quadros com crias (ovos, larvas e pupas), para a análise estatística utilizou-se a média do número de quadros para cada período.

Posteriormente foi localizado o meio do ninho. Em seguida realizou-se três furos (8 mm de diâmetro) com a finalidade de se introduzir um termômetro de bulbo, em que o primeiro furo foi feito na frente da colmeia, o segundo furo na parte detrás (ambos no centro do ninho com altura de 12 cm a partir do fundo), e o terceiro na parte de trás, porém do lado direito inferior (logo acima do fundo da colmeia). Os orifícios supracitados foram fechados com rolhas feitas de borracha que foram retiradas somente no momento das aferições das temperaturas.

Com a finalidade de verificar o efeito do local de aferição além dos locais perfurados foram coletados dados de temperatura da entrada da colmeia (alvado), em todos os locais o termômetro foi introduzido 12 cm no interior da caixa, e aguardou-se a estabilização para fazer a leitura (de 3 a 5 minutos). Também foi mensurada a temperatura ambiente. Todas as temperaturas foram aferidas às 06:00, 12:00 e 18:00 horas.

Sessenta dias antes do período da avaliação 6 colmeias foram divididas, receberam alimentação energética e proteica de manutenção, oferecido duas vezes por semana em alimentador coletivo, todas receberam rainhas novas. No processo de divisão cada colmeia ficou com um número diferente de quadros (variando de 2 a 6), totalizando 12 colmeias para a avaliação, em que a população de abelhas foi somente as abelhas que estavam aderidas aos quadros. Os quadros transferidos para as novas colmeias possuíam somente crias

operculadas, conforme recomendado por Silva e Freitas (2004).

As mensurações foram realizadas nas datas de 26/10/16, 03/09/16, 10/10/16, 17/10/16, e a segunda etapa de aferições foram realizadas em 07/06/17, 12/06/17, 16/06/17, 20/06/17, apesar destes períodos não serem considerados verão e inverno respectivamente, estes foram utilizados pois são os períodos mais quentes e frios da região. Como não encontramos dados climáticos oficiais para o município de Pontes e Lacerda usamos os dados do município de Cáceres-MT, localizado a 225 km de distância (NEVES et al., 2011).

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico R versão 3.6.1. Para o efeito do local de coleta ao se fazer a análise dos resíduos da temperatura em função do local de coleta os dados não apresentaram normalidade, que foi confirmado pelo teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, assim como também não houve homogeneidade de variâncias pelo teste de Fligner-

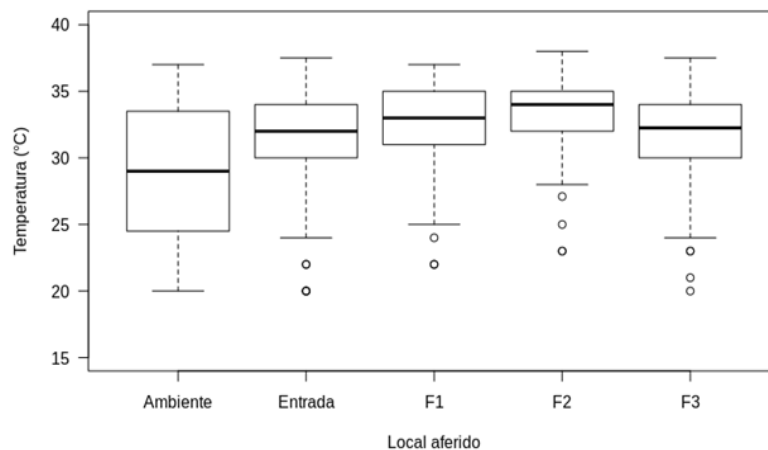
Killeen. Por esta razão os dados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis, e posteriormente com a finalidade de comparar todos os locais de coleta foi empregado o pós-teste de Nemenyi utilizando o pacote PMCMR.

O número de quadros com crias foi utilizada como medida de determinação do número de indivíduos da colônia, pois quanto maior o número de indivíduos jovens maior o de adultos. Pelas mesmas razões foi empregado o mesmo procedimento para avaliar o efeito do tamanho do enxame sobre a temperatura interna, no entanto, foram utilizados somente os dados das temperaturas mensuradas no furo 1 e 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar a temperatura dos locais de aferição das colmeias alocadas sob o sol e sob a sombra, observou-se que os valores de temperatura apresentaram resultados significativamente diferentes pelo teste de Kruskal-Wallis (qui-quadrado = 45,371, g.l. = 4, $p = 3.329^{-09}$). A maior variação observada foi na temperatura ambiente (Figura 1).

Figura 1. Valores de temperatura para os diferentes locais de aferição.



Fonte: Elaborado pelos autores. Gráfico de caixas indicando a mediana (linha sólida no interior da caixa), e dispersão (quartil inferior e superior e outliers). As diferenças foram significativamente diferentes pelo teste de Kruskal-Wallis (qui-quadrado=45,371, g.l.=4, $p=3.329^{-09}$).

Apesar de ser observado que há diferença na temperatura para os diferentes locais, não é possível visualizar com clareza qual ou quais locais apresentam diferença. Ao aplicar o pós-teste de Nemenyi, foi possível observar que as temperaturas foram significativamente diferentes para os locais em que o termômetro foi inserido no interior do ninho, ou seja, furos 1 e 2, e ainda nestes locais as temperaturas apresentaram as menores variações (Tabela 1).

De acordo com os dados apresentados é possível inferir que no processo de homeostase térmica para *Apis mellifera* as mesmas não dispenderão esforços para resfriar ou aquecer todo o interior da colmeia, mas sim somente o local em que estão as crias, corroborando ao exposto por Farrar (1943).

Segundo Lopes et al. (2011), ao avaliarem a temperatura interna das colmeias sob diferentes fontes de sombreamento, verificaram que apenas o sombreamento por árvores

proporcionou melhores condições para o desenvolvimento do enxame, e que nos meses de Novembro e Dezembro para todos os tratamentos observados a temperatura média mínima foi acima de 37,5°C, chegando até quase 40°C. A discordância de outros trabalhos e dos resultados

observados pelos autores foram atribuídas a fatores como, dimensões das coberturas, região e das condições climáticas diferentes. Lógicamente que estes fatores são relevantes, entretanto o termômetro foi inserido num quadro central com cera alveolada nova sem a presença de crias.

Tabela 1. Temperatura interna média das colmeias, e seus respectivos coeficientes de variação para os diferentes locais de aferição.

Local de aferição	Temperatura média (°C)	CV (%)
Ambiente	28,75 a	18,49
Entrada	31,40 a	10,50
Furo 1	32,66 b	08,62
Furo 2	33,25 b	08,00
Furo 3	31,66 a	09,80

Fonte: Elaborado pelos autores. Médias seguidas de mesma letra na coluna apresentaram resultados significativamente diferentes para o pós-teste de Nemenyi ($p < 0,01$).

Em altas temperaturas as abelhas pulverizam água sobre o local em que estão as crias (SIMPSON, 1961), e posteriormente se aglomeram e movimentam as asas criando correntes de ar direcionadas para pontos específicos da colmeia (SUDARSAN, 2012). Desta forma, para o trabalho de

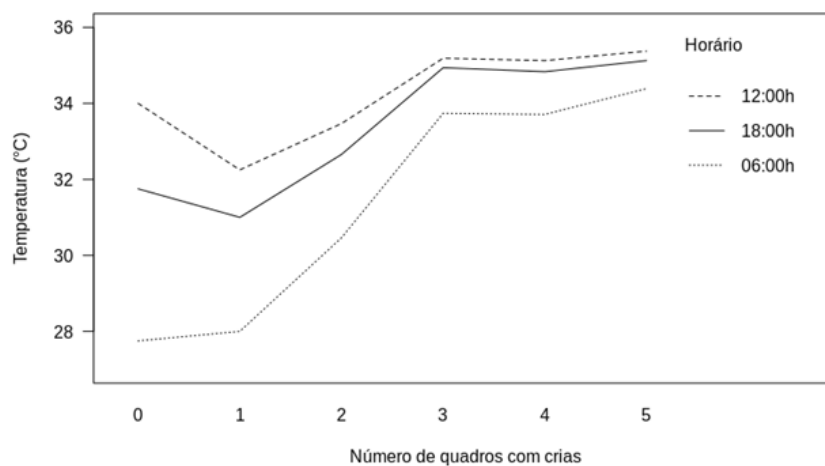
Lopes et al. (2011), o local no centro da colmeia em que estava inserido o termômetro pode ser o local por onde circulavam as correntes de ar quente que estavam sendo expulsos da colmeia. Além do mais segundo Brasil et al. (2013) abertura da colmeia causa alterações drásticas na temperatura interna.

Apesar das temperaturas do furo 3 (no fundo) e do alvado terem sido coletadas com o termômetro inserido a 12 cm no interior da caixa, os mesmos não tiveram os valores significativamente diferentes da temperatura ambiente, assim como também tiveram maiores variações de temperatura.

Ao avaliarmos o efeito da temperatura em função do número de quadros das colmeias observou-se que

os valores de temperatura apresentaram resultados significativamente diferentes pelo teste de Kruskal-Wallis (qui-quadrado = 77,471, g.l. = 5, $p = 2.836 \cdot 10^{-15}$). Verifica-se também que a conforme se aumenta o número de quadros há redução da variação das temperaturas ao longo do dia, sugerindo que quanto maior o número de abelhas na colmeia maior é a capacidade de se alcançar a homeostase térmica (Figura 2).

Figura 2. Médias da temperatura interna das colmeias em função do número de quadros nos diferentes horários do dia.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Verifica-se que há diferença na temperatura para os diferentes números de quadros, e é evidente que para as colmeias que possuíam de 0 à 2 quadros apresentaram temperaturas diferentes das colmeias que tinham acima de 3 quadros, no entanto, não ficou evidente se há algum efeito mais

sutil que não pode ser verificado somente por meio da representação gráfica (Figura 2), ou pelo teste de Kruskal-Wallis. Sendo assim, ao aplicar o pós-teste de Nemenyi, foi possível observar que as temperaturas foram significativamente diferentes entre 0 à 2 e 3 quadros acima (Tabela 2).

Tabela 2. Temperatura interna média das colmeias, e seus respectivos coeficientes de variação para os diferentes números de quadros.

Número de quadros com cria	Temperatura média (°C)	CV (%)
0	31,16 a	11,58
1	30,41 a	09,14
2	32,19 a	08,57
3	34,62 b	04,65
4	34,55 b	04,28
5	34,96 b	03,18

Fonte: Elaborado pelos autores. Médias seguidas de mesma letra na coluna apresentaram resultados significativamente diferentes para o pós-teste de Nemenyi ($p < 0,01$).

As colmeias com 3 quadros acima mantiveram homeostase térmica, e apesar das colmeias com menos de três quadros apresentarem médias próximas dos valores considerados ideais para seu desenvolvimento (Tabela 2), é possível verificar (Figura 2) que a temperatura para colmeias com

um quadro ou menos ficou abaixo de 28°C. Segundo Garcia e Nogueira-Couto (1999), verificaram grande variação de temperatura em colmeias pequenas. Outro fator importante é que apesar da pouca variação térmica no ambiente estudado (Figura 1) as abelhas africanizadas não são tão

eficientes no processo de termorregulação quando comparadas a europeias (DARCHEN, 1973; GARCIA; NOGUEIRA-COUTO, 1999). Isto deve explicar o motivo de duas colmeias que estavam e avaliação terem abandonado as caixas no inverno (os dados destas não foram utilizados no presente experimento).

Tanto para os diferentes números de quadros quanto para os diferentes locais de mensuração não foram observadas variações acima da máxima ótima (36°C), isto se deve ao fato de que a temperatura ambiente também não excedeu a estes limites, demonstrando desta forma que o manejo de deixar as colmeias na sombra das árvores nesta região é eficiente para a manutenção da temperatura interna. No entanto, no inverno os enxames devem estar populosos, pois mesmo sendo colocadas ao sol não foi o suficiente para a manutenção da temperatura interna em enxames fracos.

Sendo assim é recomendado que as divisões de enxame sejam realizadas

no período do verão (e as colmeias deixadas na sombra), ou se fizer em outro período que mantenha enxames populosos com, pelo menos, três quadros com cria, preferencialmente que se faça a divisão de 2 a três meses antes do inverno para quando as temperaturas começarem a cair o enxame já esteja populoso. Principalmente devido ao fato que de acordo com Costa et al. (2007) a redução da temperatura diminui a população de abelhas africanizadas. Sendo assim para se seguir a recomendação de usar somente um quadro com cria operculada conforme proposto por Silva e Freitas (2004) deve-se levar em consideração as condições climáticas da região.

CONCLUSÃO

Identificou-se que ao avaliar a termorregulação em abelhas deve-se mensurar a temperatura no interior do ninho, onde estão as crias (ovos larvas e pupas). Enxames pouco populosos não mantêm a homeostase térmica, ficando sujeitos a morte ou abandono

do local habitado. Para a região sudoeste do Estado de Mato Grosso a manutenção das colmeias à sombra de árvores no período quente do ano contribui para manter a temperatura dentro dos limites ótimos para *Apis mellifera*, no entanto, no inverno os enxames devem estar populosos para não sofrerem grandes variações de temperatura interna.

AGRADECIMENTOS

À CAPES. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- AIZEN, M. A.; HARDER, L. D. The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. **Current Biology**, n.19, v.11, p.915–918, 2009.
- ALMEIDA, G. F. **Fatores que interferem no comportamento enxameatório de abelhas africanizadas**, 2008. 120f Tese de Doutorado. FFCLRP-USP. Ribeirão Preto-SP, Brasil. Universidade de São Paulo. 2008.
- ALMEIDA, G. F.; GONÇALVES, L. S. 2008. Enxameação Induzida por Aumento de Temperatura em Abelhas Africanizadas. In: VIII Encontro Sobre Abelhas. Ribeirão Preto-SP. **Anais...** CD, p.221.
- BRASIL, D. F.; GUIMARÃES, M. O.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; FREITAS, B. M. Internal ambience of bee colonies submitted to strengthening management by adding broods. **Engenharia Agrícola**, v. 33, p. 902-909, 2013.
- CAMARGO, J. M. F. **Manual de apicultura**. São Paulo. Editora Agronômica Ceres. 1972. 252p.
- COSTA, F. M.; MIRANDA, F. B.; TOLEDO, V. A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C. C.; CHIARI, W. C.; HASHIMOTO, J. H. Desenvolvimento de colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas na região de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, v.29, n1, p.2007, p.101-108, 2007.
- CRALL, J. D.; SWITZER, C. M.; OPPENHEIMER, R. L.; VERSYPT, A. N. F.; DEY, B.; BROWN, A.; EYSTER, M.; PIERCE, N. E.; COMBES, S. A.; BIVORT, B. L. Neonicotinoid exposure disrupts bumblebee nest behavior, social networks, and thermoregulation. **Science**, v.80, p.683–686, 2018.
- DARCHEN, R. La thermorégulation et l'ecologie di quelques espèces d'abeilles sociales d'Afrique (Apidae, Trigonini et *Apis mellifica* var. *adansonii*). **Apidologie**, v. 4, p. 341-370, 1973.

- DOMINGOS, H. G. T.; GONÇALVES, L. S. Termorregulação de abelhas com ênfase em *Apis mellifera*. **Acta Veterinária Brasileira**, v.8, n.3, p.151-154, 2014.
- DOMINGOS, H. G. T.; SOMBRA, D. S.; SANTOS, R. G.; GRAMACHO, K. P.; GONÇALVES, L. S. Surface temperature and heat transfer between body regions of africanized honeybees (*Apis mellifera* L.) in hives under sun and shade conditions in the northeastern semi-arid region of Brazil. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v.8, p.28-35, 2018.
- FARRAR, C. L. An Interpretation of the Problems of Wintering the Honeybee Colony. **Gleanings in Bee Culture**, v.71, n.9, p.513-518, 1943.
- GARCIA, R. C.; NOGUEIRA-COUTO, R. H. Termorregulação e longevidade de operárias em pequenas colônias de *Apis mellifera*. **Revista Unimar**, v.8, n.1, p 85-92, 1999.
- GONÇALVES, L. S.; JONG, D.; ALMEIDA, G. F.; PRADO, P.R. Monitoramento de colônias de Abelhas Africanizadas nas atividades de Enxameação e Forrageamento, 2008. In: VIII Encontro Sobre Abelhas. Ribeirão Preto-SP. **Anais...** 2008. CD Rom, p.13.
- JONES, J. C.; HELLIWELL, P.; MALESZKA, M. B. R.; OLDROYD, B.P. The effects of rearing temperature on developmental stability and learning and memory in the honey bee, *Apis mellifera*. **Journal of Comparative Physiology**, v.191, p.1121-1129, 2005.
- KLEINHENZ, M.; BUJOK, B.; FUCHS, S.; TAUTZ, J. Hot bees in empty broodnest cells: heating from within. **Journal of Experimental Biology**, v.206, p.4217 - 4231, 2005.
- LOPES, M. T. R.; BARBOSA, A. L.; VIEIRA NETO, J. M.; PEREIRA, F. M.; CAMARGO, R. C. C.; RIBEIRO, V. Q.; SOUZA, B. A. Alternativas de sombreamento para apiários. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.3, p.299-305, 2011.
- NEVES, S. M. A. S.; NUNES, M. C. M.; NEVES, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT-Brasil, no período de 1971 a 2009: Subsídio às atividades agropecuárias e turísticas municipais. **Boletim Goiano de Geografia**, v.31, n.2, p.55-68, 2011.
- POTTS, R., CLARKE, R.M., OLDFIELD, S.E., WOOD, L.K., HEMPEL DE IBARRA, N., CRESSWELL, J.E. The effect of dietary neonicotinoid pesticides on non-flight thermogenesis in worker bumble bees (*Bombus terrestris*). **Journal of Insect Physiology**, v.104, p.33-39, 2019.
- SANTOS, R. G.; DOMINGOS, H. G. T.; GRAMACHO, K. P.; GONÇALVES, L. S. Sombreamento de colmeias de abelhas africanizadas no Semiárido Brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, n5, p.828-836, 2017.

SEELY, T. D. **Honeybee Ecology. A Study of Adaptation in Social Life.** Princeton: Princeton University Press. 1985, v.1, 221p.

SILVA, R. H. D.; FREITAS, B. M. Produção e desenvolvimento de colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera l.*) a partir de diferentes áreas e idades de cria. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.545-549, 2004.

SILVEIRA, R.K.; GALBIATI, C. Crescimento no uso de agrotóxicos e sua relação com polinizadores, saúde humana e economia. In: SGUAREZI, S. B. (Org). **Ambiente e Sociedade no Brasil Central: Diálogos Interdisciplinares e Desenvolvimento Regional.** Cáceres: Oikos Editora, 2019. p.183-197.

SIMPSON, J. Nest Climate Regulation in Honey Bee Colonies. Source: **Science**, v.133, n.3461, p.1327-1333, 1961.

SOUZA H. R.; ORSI, R. O.; FUNARI, S. R. C.; BARRETO, L. M. R. C.; DIB, A.P.S. Produção de própolis em colmeias de *Apis mellifera* africanizadas submetidas a diferentes condições de sombreamento. **Boletim da Indústria Animal**, v.63, n.4, p.189-192, 2006.

SUDARSAN, R.; THOMPSON, C.; KEVAN, P. G.; EBERL, H. J. Flow currents and ventilation in Langstroth beehives due to brood thermoregulation efforts of honeybees. **Journal of Theoretical Biology**, v.295, p.168-193, 2012.

TAUTZ, J.; MAIER, S.; GROH, C.; RÖSSLER, W.; BROCKMANN, A.

Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their pupal development. **Proceedings of the National Academy of Science**, v.12, p.7343-7347, 2003.

TOLEDO, V. A. A.; NOGUEIRA-COUTO, R. H. Thermoregulation in colonies of Africanized and hybrids with Caucasian, Italian and Carniolan *Apis mellifera* honey bees. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.42, n.4, p.425-431, 1999.

TONG, L.; NIEH, J. C.; TOSI, S. Combined nutritional stress and a new systemic pesticide (flupyradifurone, Sivanto ®) reduce bee survival, food consumption, flight success, and thermoregulation. **Chemosphere**, 2019. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.12.4408.

TOSI, S.; DÉMARES, F. J.; NICOLSON, S. W.; MEDRZYCKI, P.; PIRK, C. W. W.; HUMAN, H. Effects of a neonicotinoid pesticide on thermoregulation of African honey bees (*Apis mellifera scutellata*). **Journal of Insect Physiology**, v.93-94, n.699, p56-63, 2016.